Ein natürliches System der Eisenmeteoriten

von

Friedrich Berwerth,

k. M. K. Akad.

(Mit 2 Textfiguren.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 29. Oktober 1914.)

Mittelst Anwendung der von H. W. B. Roozeboom ausgebildeten Lehre von den heterogenen Gleichgewichten vom Standpunkte der Phasenlehre auf das Studium der Erstarrungs- und Umwandlungsvorgänge an Metallegierungen wurde eine neue, rasch fortschreitende Wissenschaft, die »Metallurgie«, begründet, das ist die Lehre von der Konstitution der Metallegierungen. Die wichtigen Errungenschaften, die sich aus den neuen chemisch-physikalischen Lehren zunächst für die Herstellung des technischen Eisens ergaben, wiesen dann den Weg zu den Untersuchungen aller übrigen und auch zu den uns hier interessierenden Eisennickellegierungen. Als die Geschichte der Entstehung des technischen Nickeleisens mit der Struktur desselben in Übereinstimmung gefunden wurde, mußte sich das Interesse der Metallographen auch den natürlichen Eisennickellegierungen zuwenden, die uns in den gewaltigen Meteoreisenmassen vorliegen und deren von jeher bewunderte merkwürdige Strukturen bis zu diesem Zeitpunkte ein ungelöstes Problem waren.

An der Aufhellung dieser Frage haben sich in der allerletzten Zeit in Form theoretischer Ableitungen F. Osmond und G. Cartaud,[1] F. Rinne[2] und W. Guertler[3] beteiligt.

[1] F. Osmond und G. Cartaud, Sur les férs météoriques, Compt. rend., Bd. 137 (1903), p. 1057 bis 1059 (enthält auch briefliche Mitteilungen von Roozeboom an Osmond).

[2] F. Rinne, Physik.-chem. Bemerkungen über technisches und meteor. Eisen. Neues Jahrbuch etc. (1905), Bd. 1, p. 122 bis 158.

[3] W. Guertler, Ist der Eisennickelmeteorit eine stabile oder eine metastabile Verbindung? Ztschr. für physik. Chemie, Bd. 74 (1910), p. 428 bis 442.

Wichtige experimentelle Beiträge haben geliefert W. Guertler und G. Tammann,[1] S. W. J. Smith,[2] W. Fränkel und G. Tammann,[3] C. Benedicks,[4] Ruer und Schütz.[5] Ein Referat gab C. Vogel.[6]

Die in den vorstehend genannten Abhandlungen niedergelegten Forschungsresultate über die Entstehungsweise der Meteoreisenstruktur und das Verhalten der technischen Nickeleisenlegierungen können bei der hier gestellten Aufgabe nur insoweit berücksichtigt werden, als sie für die Begründung und das Verständnis einer natürlichen Einteilung der Meteoreisen unerläßlich sind.

Entscheidungen von prinzipieller Bedeutung brachten die Hypothese von F. Osmond und H. W. B. Roozeboom und die im physikalischen Institute von Tammann ausgeführten Untersuchungen. Guertler und Tammann haben gefunden, daß Eisen und Nickel Mischkrystalle in allen Verhältnissen geben. Nach der Auffassung Tammann's würde das System Eisen-Nickel sich aus zwei Reihen von Mischkrystallen zusammensetzen, und zwar 1. aus Mischkrystallen von 0 bis 35 % Ni und 2. aus Mischkrystallen von 35 bis 100 % Ni. In der ersten Reihe sind die Mischkrystalle mit der γ-Form des Eisens isomorph und stellen

---

1 W. Guertler und G. Tammann, Über die Legierungen des Nickels und Kobalts mit Eisen. Ztschr. für anorg. Chemie, Bd. 46 (1905), p. 205 bis 216.

2 S. W. J. Smith, The thermomagnetic analyses of meteoric and artificial nickel iron alloys. Proc. R. Soc. A. London, Bd. 79. Ser. A (1907), p. 132.

3 W. Fränkel und G. Tammann, Über meteorisches Eisen. Ztschr. für anorg. Chemie, Bd. 60 (1908), p. 416 bis 435.

4 C. Benedicks, Synthese du fer météorique. Nova acta R. Soc. scien. Upsalensis (4), Bd. 2 (1910), p. 1 bis 26.

5 Ruer und Schütz, Metallurgie (1910), p. 415.

6 Ein kritisches Referat von C. Vogel (Physikalisch-Chemisches über die Meteoreisen) über die in einigen der aufgeführten Abhandlungen durch Deduktion oder demonstrative Versuche gewonnenen Ergebnisse wird der in Kürze erscheinende Band III von C. Dölter's Handbuch der Mineralchemie enthalten. Durch das Entgegenkommen des Herausgebers konnte ich in das Manuskript Einsicht nehmen und auch zum vorliegenden Zwecke verwenden.

Lösungen von Nickel in γ-Eisen dar. In der zweiten Reihe können die Mischungen zwischen 35 und 66 % Ni als Lösungen der Verbindung Ni_2Fe in Eisen und die Mischungen zwischen 66 und 100 % als Lösungen von Ni_2Fe in β-Nickel aufgefaßt werden. In diesem Falle besteht also die Schmelzkurve aus zwei Ästen, die sich bei zirka 35 % Nickel schneiden. Etwas später haben Ruer und Schütz eine kontinuierliche Schmelzkurve gefunden, wonach dann die Eisennickellegierungen aus einer Reihe von Mischkrystallen bestehen, die man als Lösungen der Verbindung Ni_2Fe in überschüsigem γ-Eisen, beziehungsweise in β-Nickel auffassen kann. Nach Tammann würden dann alle meteorischen Nickeleisen, deren Höchstgehalt an Ni 26·5 % beträgt, der eisenreicheren Mischungsreihe mit 0 bis 35 % Nickel angehören.

Bezüglich der Struktur zwischen dem technischen Nickeleisen und dem Meteoreisen besteht nun ein wesentlicher Unterschied. Während im technischen Nickeleisen nach der Krystallisation keinerlei Änderung eingetreten ist, ist eine solche in den meteorischen Nickeleisen vor sich gegangen. Die künstlichen Nickeleisenlegierungen bestehen aus feinen, untereinander homogenen Polyedern, während die Struktur der meteorischen Nickeleisen aus makroskopischem Kamacit und Taenit besteht, also nicht aus einer Krystallart gebildet ist wie im technischen Nickeleisen, sondern aus zwei Krystallarten, dem Kamacit mit 6·5 % Ni und dem Taenit mit zirka 35 % Ni, welche beiden Gemengteile dann als feinkrystallines Gemenge das dritte Strukturglied, den Plessit, zusammensetzen. Diese im meteorischen Nickeleisen eingetretene Differenzierung in zwei Krystallarten von nahezu beständiger Zusammensetzung läßt sich nur durch das Vorhandensein einer Mischungslücke im festen Zustande zwischen 6·5 bis 35 % Nickelgehalt erklären, entsprechend der Zusammensetzung des Kamacits, beziehungsweise des Taenits, welche dann als die Endglieder einer nickelärmeren Mischungsreihe mit 0 bis 6·5 % Ni und einer nickelreicheren Mischungsreihe mit mehr als 35 % Ni aufzufassen wären, d. h. der Kamacit und der Taenit sind als gesättigte Mischkrystalle aufzufassen.

Eine von der Tammann's abweichende Auffassung über die Meteoreisenstruktur vertritt die Hypothese von Osmond und Roozeboom. Darnach sind Eisen und Nickel im γ- und β-Zustande unbegrenzt mischbar, dagegen nicht mischbar in ihrem α-Zustande. Beginnt das Zustandsfeld der homogenen Mischkrystalle aus γ-Eisen und β-Nickel abzukühlen, so wird bei bestimmten Temperaturen deren Umwandlung in den α-Zustand eintreten. Die Umwandlung ist vollständig erreicht, wenn die Zusammensetzung der umgewandelten α-Krystalle jener der ursprünglichen vorhandenen γ-, β-Krystalle gleich geworden ist. Die unterhalb von 6 % Ni und über mehr als 33 % Ni liegenden Teile bestehen dann aus homogenen Mischkrystallen des α-Zustandes und die der angegebenen Konzentration entsprechenden Felder müssen aus den Endgliedern dieser Mischungsreihe, nämlich ganz aus Kamacit und ganz aus Taenit bestehen. Liegt der Nickelgehalt zwischen 6 und 33 % Ni, so bleibt, nachdem die Krystalle bei ihrer Umwandlung die Konzentration des Kamacits, beziehungsweise des Taenits erlangt haben, ein Rest der festen Lösung übrig, welcher bei der Umwandlung in den α-Zustand nicht mehr homogen bleibt und in das eutektoide Gemenge der gesättigten Mischkrystalle Kamacit und Taenit zerfällt und das dritte Strukturelement, den Plessit, bildet. Nach dieser Auffassung müßten die Widmanstätten'schen Strukturen der Meteoreisen aus primärem Kamacit und Plessit oder primärem Taenit mit Plessit oder, wenn die ursprüngliche Mischung der festen Lösung der Zusammensetzung des Plessits entspricht, nur aus diesem, dem Plessit allein bestehen. Die genaue Zusammensetzung des Plessits ist noch nicht genügend festgestellt.

Bei dieser Darstellung des Entmischungsvorganges steht die primäre Ausscheidung des Taenits mit der Wirklichkeit nicht in Übereinstimmung. In dem Meteoreisen erscheint der Taenit immer als sekundärer Bestandteil selbst in den nickelärmsten Mischungen der Lücke, also um 7 % Ni herum. Es wird versucht, das Abscheiden eines Taenitbandes selbst in diesen nickelarmen Zonen damit zu erklären, daß die Grenze

der Mischbarkeit sich mit der abnehmenden Temperatur verschiebt.

Die Verschiedenheiten zwischen dem technischen und dem meteorischen Nickeleisen werden durch das aufgestellte Osmond-Roozeboom'sche Zustandsdiagramm damit erklärt, daß die Entmischung im technischen Nickeleisen wegen zu rascher Abkühlung nicht erfolgt sei. Die Struktur des meteorischen Nickeleisens verdankt dagegen ihr Entstehen einer sehr langsamen Abkühlung, wobei das Nickeleisen gleichzeitig in den stabilen Zustand bei gewöhnlicher Temperatur übergegangen ist. Hierdurch ist zu folgern, daß das technische Eisen instabil ist und bei langsamer Abkühlung das Bestreben zeigen muß, in den stabilen meteorischen Zustand überzugehen. Aus Tammann's Versuch hat sich jedoch der Zustand des Meteoreisens als der instabile Zustand erwiesen, da er im γ-Felde das technische Nickeleisen stabiler fand.

Ausgehend von der Osmond-Roozeboom'schen Hypothese hat Benedicks versucht, aus entsprechend gemengten Eisennickellegierungen bei 50 bis 60 Stunden dauernder Abkühlung die Meteoreisenstruktur zu erhalten. Bei der Beschickung der Mischung mit 6% Ni hat er körnige Ausbildung mit hexaedrischer Spaltbarkeit und mit 10% Nickel eine oktaedrische Balkenzeichnung erhalten. Die Ähnlichkeit mit der Meteoreisenstruktur ist sehr groß, doch fehlen beiden Strukturformen noch wesentliche Merkmale der echten Meteoreisenstruktur.

Die hier in Kürze mitgeteilten Ergebnisse besagen, daß uns vorläufig eine in allen Punkten übereinstimmende Theorie der Meteoreisenstruktur noch nicht zur Verfügung steht.

Die gefundenen Resultate sind aber immerhin den wirklichen Mischungsverhältnissen in den Meteoreisen sehr nahe übereinstimmend gefunden. In dem von Roozeboom aufgestellten Entmischungstypus hat nur der in der Mischungslücke auf der Strecke von 6 bis 18% sekundär auftretende Taenit keinen Platz.

Rinne sieht das Erscheinen des Taenits in den oktaedrischen Eisen als eine Besonderheit an und versucht, die

Taenitplattierung der Kamacittafeln als Rückschlagsbildung eines Überkühlungsvorganges zu erklären oder als das Ergebnis einer Löslichkeitsveränderung des Nickeleisens noch unterhalb der eutektoiden Horizontalen. Unter Ausschließung dieses Umstandes hat dann Rinne aus den angegebenen Resultaten die Nutzanwendung gezogen und den Versuch gemacht, die Meteoreisenlegierungen mit dem normalen theoretischen Entmischungsschema (Fig. 1) in Beziehung zu bringen.

In dem folgenden, von Rinne gezeichneten Roozeboomschen Schema bedeutet die Kurve *DEFG* den Beginn

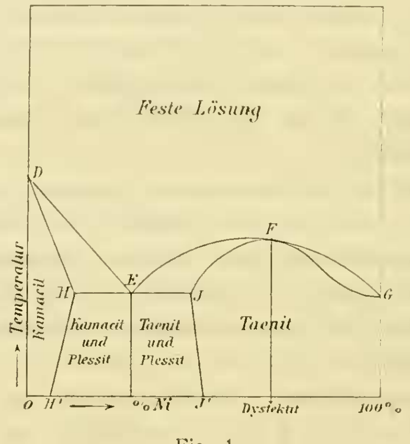


Fig. 1.

der Entmischung. Bei der Temperatur der Horizontalen *HEJ* besteht von $O - H$ % und $J - 100$ % Mischbarkeit von Fe und Ni, letztere Strecke unterbrochen durch die chemische Verbindung *F*. Auf der Strecke *HEJ* besteht Nichtmischbarkeit; sie entspricht der Mischungslücke = Lacune. Die Reihe gliedert sich somit in drei Teile. I. $O - H$ % Ni = sublacunitische Gruppe mit völliger Mischbarkeit zwischen Fe und Ni. II. $H - J$ % Ni = lacunitische Gruppe mit Nichtmischbarkeit zwischen Fe und Ni, also Zerfall in *H* und *J*. III. $J - F$ und F—100 % = superlacunitische Gruppe, mit Mischbarkeit zwischen Fe und Ni. IV. Dystektische Gruppe, entsprechend der chemischen Verbindung mit F % Ni. Darnach

werden die Abteilungen der Nickeleisen, wie sie den ihr Wesen beherrschenden Mischungsverhältnissen entsprechen, mit folgenden Namen benannt: I. Sublacunite, II. Lacunite, III. Superlacunite, IV. Dystektite (Verbindung Ni_2Fe = Awaruit). Die Gruppe der Lacunite zerfällt in die Unterabteilungen: *a)* Hypeutektoide Lacunite (Kamacit-Plessit-Siderite), *b)* Eutektoide Lacunite (Plessit-Siderite), *c)* Hypereutektoide Lacunite (Taenit-Plessit-Siderite).[1] Schließlich werden die abgeleiteten Nickeleisengruppen auf petrographischer Grundlage in einer theoretisch aufgestellten tabellarischen Übersicht zusammengestellt mit Angabe der Bestandteile, Ausbildungsform und Abarten.

Nachdem wir uns mit den bestehenden Vorstellungen über die Entstehung der Meteoreisenstrukturen bekannt gemacht haben, will ich den Versuch unternehmen, das Material der umfangreichen Meteoreisensammlung im Naturhistorischen Hofmuseum an der Hand der neugeschaffenen und ihrem inneren Wesen angepaßten Einteilungsprinzipien anzuordnen, um ein auch dem praktischen Bedarfe dienliches natürliches System der Meteoreisen zu schaffen.

Da wir die meteorischen Nickeleisen als Gesteine auffassen müssen, so wird deren Einteilung nach petrographischen Methoden zu erfolgen haben. Wie bei den irdischen Gesteinen wird auch hier, wie ja diesen Gedanken schon Rose ausgesprochen und angewendet hat, neben der chemischen die mineralogische Zusammensetzung und die Struktur der Meteoreisen für ihre Klassifikation maßgebend sein müssen.

Die wesentlichen Bestandeselemente der Meteoreisenlegierungen sind das Eisen und das Nickel. Kobalt ist als Verbündeter des Nickels immer vorhanden und schwankt sein Gehalt um 1%, der bei Aufstellung einer Formel auf Nickel zu verrechnen ist. Ferner wird fast regelmäßig in allen

[1] Anfänglich hat Rinne den Ausdruck »eutrop« als Benennung für Vorgänge im festen Zustande verwendet. Nach einer brieflichen Mitteilung hat er jedoch nachträglich wegen anderweitiger Verwendung der Bezeichnung »eutrop« diese fallen gelassen und an deren Stelle den Ausdruck »eutektoid« gewählt.

Eisen, wo auf Kupfer geprüft wird, auch dieses in der Durchschnittszahl von 0·03 % vorgefunden. Gegenwärtig ist es nicht bekannt, ob dieser Minimalgehalt an Cu bei den Umsetzungen des Nickeleisens einen Einfluß ausübt und wird vorläufig als unwesentlicher Bestandteil bei der Zusammensetzung der Eisen nicht berücksichtigt. Ebenso sind die Bruchteile eines Prozents von Kohlenstoff (Graphit) in vielen Eisen nachgewiesen. Wie beim Kupfer bestehen auch für das Verhalten des Graphitgehaltes (Diamant) im Meteoreisen keine Beobachtungen. Gegenwärtig ist er ebenfalls den unwesentlichen Bestandteilen zuzuzählen. Von Metallen sind noch Mn, Zn, Sn, Pl, Au, Ir in belanglosen Spuren nachgewiesen. Als gewöhnliche akzessorische Gemengteile sind vorhanden: Troilit, Schreibersit, Cohenit (Cementit). Als seltenere Beimengungen kennt man: Chromit, Silikatkörnchen, Weinbergerit, Glas, Daubreélith, Moissanit. Von absorbierten Gasen sind bekannt: H, CO_2, CO, N. CH_4, Ar, He. Sämtlichen genannten Gemengteilen kann wegen Unkenntnis des Gleichgewichtes zwischen ihnen und dem Nickeleisen bei der gegenwärtigen Gruppierung zunächst keine Rolle zugeteilt werden.

Als wesentlicher Bestandteil der Meteoreisenmassen kommt nur Nickeleisen in Betracht, das sich in eine nickelarme und eine nickelreiche Eisenlegierung, den Kamacit (Balkeneisen) und den Taenit (Bandeisen), scheidet. Rinne hat die beiden Gemengteile auch als nickelarmen und nickelreichen Nickelferrit bezeichnet. Die Meteoreisen sind somit aus den beiden wesentlichen Gemengteilen, dem Kamacit und Taenit, oder, wie sich später ergeben wird, in der oktaedrischen Gruppe aus den Strukturelementen Kamacit, Taenit und Plessit aufgebaut.

Kamacit. Die Zusammensetzung des Kamacits erreicht in der überwiegenden Mehrheit der Meteoreisen das Mischungsverhältnis von 6 % Nickel und 94 % Eisen. In dieser Form ist der Kamacit ein gesättigter Mischkrystall. In einigen ganz wenigen Kamaciten sinkt der Nickelgehalt auf 4 bis 3 % herunter und stellt dann einen ungesättigten Mischkrystall dar. Der Kamacit ist ausgebildet in Form von riesengroßen,

gleichsam einkörnigen individualisierten Massen, in groben bis feinkrystallinen Körnern, groben Stengeln und breiten, dick- bis dünnplattigen Tafeln (Lamellen). Sein Krystallbau ist tesseral. Nach den Würfelflächen ist gute Spaltbarkeit vorhanden. Mit nur wenigen Ausnahmen ist der Kamacit beständig polysynthetisch nach (112) verzwillingt.[1] Die Zwillingslamellen kommen auf einer polierten Fläche nach Anätzung mit einer Säure als feine Kanäle zum Vorschein, die nach je 6 Flächenpaaren verlaufende Liniensysteme darstellen und als »Neumann'sche Linien«[2] bekannt sind. Die Zwillingslamellierung des Kamacits ist analog der durch Gleitung entstandenen Zwillingslamellierung in den Calcitkörnern der Marmore. Mügge[3] hat mittels Hämmern von Polyedern weichen Eisens durch einfache Schiebung »künstliche »Neumann'sche Linien« erzeugt. Die Entstehung der Zwillingslamellierung im Kamacit durch Druck ist schon von jeher vermutet worden und man wird nach den obigen und auch sonst gemachten Erfahrungen den nötigen Druck zur Hervorrufung der Zwillingslamellierung im Kamacit auf Volumsveränderungen zurückzuführen haben, die bei der Abkühlung der Eisenmassen im festen Zustande als Spannungsdruck wirksam geworden sind.

Es gibt nun einige Vorkommen von Kamacit, denen der Zwillingszustand fehlt, oder wenigstens nicht durch die gewöhnlichen Ätzmittel kennbar geworden ist. Der zwillingsfreie Zustand findet sich vorwiegend an körnig ausgebildeten Kamaciten, die dann wieder meist kleine Eisenknollen (Bingera, Barraba) sind. Das Ausbleiben der Verzwillingung kann primär sein oder sekundären Einflüssen zugeschrieben werden. Im ersteren Falle müßte man daran denken, daß Teile der großen Eisenmassen einem Drucke nicht ausgesetzt waren. Für die sekundäre Entstehung besteht dann die

---

[1] G. Linck, Annalen des Naturhistorischen Hofmuseums, Bd. 8 (1893), p. 113.

[2] Aus der Literatur ist es nicht ersichtlich, wer die Bezeichnung »Neumann'sche Linien« für die Zwillingszeichnung im Kamacit eingeführt hat.

[3] O. Mügge, Über neue Strukturflächen an den Krystallen der gediegenen Metalle. Neues Jahrb. etc. (1899), II., p. 63 bis 70.

Möglichkeit, daß der primär verzwillingte Kamacit durch eine spätere starke Erhitzung und langsame Abkühlung in zwillingsfreie Körner übergeführt worden ist. Meteoreisen mit solchen zwillingslosen Kamaciten wären dann unter die weiter unten zu behandelnden Metabolite einzureihen. Über solche Veränderungen und Umwandlungen im Kamacit, sowie das Verschwinden der »Neumann'schen Linien« im erhitzten Kamacit haben F. Berwerth[1] und F. Berwerth und G. Tammann[2] und W. Fraenkel und G. Tammann[3] berichtet. Da für die sekundäre Entstehung der zwillingsfreien Kamacite keine entscheidenden Beweise vorgebracht werden können, wurden diese wenigen Eisen in der Reihe der unveränderten Eisen belassen.

Bandtaenit und Plessit. Seit Reichenbach werden Kamacit, Taenit (Bandtaenit) und Plessit als die drei gleichwertigen und charakteristischen Strukturelemente der umfangreichen oktaedrischen oder Widmanstätten'schen Meteoreisengruppe aufgefaßt. Prüft man das Grenzverhältnis zwischen diesen drei konstitutiven Elementen etwas genauer, so läßt sich unzweideutig erkennen, daß der zwischen den Kamacit und den Plessit eingeschaltete Bandtaenit (Bandeisen) zu seinen beiden Anrainern ein verschiedenes Verhalten zeigt. Während der Bandtaenit am Kamacit ausnahmslos glatt abschneidet, steht er zum Plessit in einem übergreifenden Grenzverhältnis, wodurch die Selbständigkeit des Bandtaenits eine starke Beeinträchtigung gegenüber dem Kamacit und Plessit erfährt. Der offensichtlich verwandtschaftlichen Verknüpfung des Bandtaenits zum Plessit glaube ich Rechnung tragen und hier beide gemeinsam abhandeln zu müssen.

Wie schon oben berichtet wurde, findet der Bandtaenit im Entmischungsschema der Eisennickellegierungen keinen

---

[1] F. Berwerth, Künstlicher Metabolit. Sitzber. der k. Akad. der Wiss., *114* (1905), Abt. I, p. 343 bis 356.

[2] F. Berwerth und G. Tammann, Über die natürliche und künstliche Brandzone der Meteoreisen und das Verhalten der »Neumann'schen Linien« im erhitzten Kamacit. Mit 1 Textfigur und 1 Tafel. Sitzber. der k. Akad. der Wiss. Wien, *120*, Abt. I (1911), p. 1 bis 17, oder Ztschr. für anorgan. Chem., *75* (1912), p. 145 bis 159.

[3] W. Fraenkel und G. Tammann, a. a. O.

Platz. Sein Auftreten als selbständiger Gemengteil unterhalb der eutektoiden Horizontalen erscheint als eine Unregelmäßigkeit, über deren Eintreten wir noch keine sichere Kunde besitzen. Zu seiner ungekannten Wesensart im Gefüge der betreffenden Meteoreisen gesellt sich weiter die ungenügende Kenntnis seiner chemischen Zusammensetzung. Eine Zusammenstellung von 22 Taenitanalysen zeigt höchst bedeutsame Schwankungen in seinem chemischen Bestande.[1] Seine Zusammensetzung bewegt sich vom eisenreichsten bis zum eisenärmsten Endgliede zwischen den Verhältniszahlen 6·9 Fe: 1 (Ni, Co, Cu) und 1·1 Fe: 1 (Ni, Co, Cu), welche den Formeln Fe_7Ni und $FeNi$ entsprechen. Für diese recht auffälligen Unterschiede in der Zusammensetzung versuchte man seine schwierige Isolierung und seine Angreifbarkeit durch Säuren verantwortlich zu machen. Der wahren Zusammensetzung des Taenits dürften auch in diesem Falle die nickelreichsten Analysen und darunter jene von Fletcher vom Taenit aus dem Youndegineisen, mit der Formel $Fe_5Ni_3 = 38\,\%$ Ni oder von Sjöström, vom Taenit aus Beaconsfield mit 49% Ni am nächsten kommen.

Diese Unbeständigkeit in der Zusammensetzung des Taenits vermögen wir uns aus folgenden Beobachtungen und Untersuchungen verständlich und klar zu machen. In der Beschreibung des Meteoreisens von Ilimae berichtet Tschermak,[2] daß die Taenitlamellen, obwohl sie sehr dünn sind, doch nicht homogen seien, »indem sie von feinen Blättern von Balkeneisen durchsetzt sind, welche bei oberflächlicher Betrachtung zu dem Taenit hinzugerechnet werden könnten«. In neuester Zeit haben thermomagnetische Untersuchungen an Meteoreisen von S. W. J. Smith[3] ebenfalls ergeben, »daß

---

[1] O. C. Farrington, Meteorites studies III. Fjeld Mus. Nat. Hist. Publicat., *145*, Geol. Ser. 3 (1910), p. 176 bis 178.

[2] G. Tschermak, Ein Meteoreisen aus der Wüste Atacama. Denkschr. der k. Akad. der Wiss. Wien, Bd. 31 (1871), p. 192 bis 193.

[3] A. a. O. Mir ist die Arbeit von Smith nur aus dem Referate von Wolff im Neuen Jahrb. etc. (1910), Bd. 1, p. 189, bekannt, und ist hier angeführt, was dort mitgeteilt ist.

der Taenit nicht homogen ist, sondern als eutektische Mischung aufzufassen ist, zwischen einer nickelarmen Komponente, Kamacit, und einer nickelreichen mit einem Nickelgehalt bis 40 $^0/_0$, analog dem Perlit des Gußstahls, der eine eutektische Mischung von Ferrit und Cementit darstellt«.

Zu eigenen Beobachtungen über das Verhältnis des Bandtaenits zum Plessit will ich vorerst bemerken, daß eine späterhin vorzunehmende Untersuchung der Einzelheiten im Bau des Plessits wohl die Feststellung bringen wird, einen gröberen Makroplessit (Mikrooktaedrit) und einen fein- bis kryptokrystallinen Mikroplessit zu unterscheiden. Zu den Makroplessiten gehören alle jene Plessitfüllungen, welche den groben Oktaederbau im kleinen wiederholen und diesen ohne Anwendung optischer Hilfsmittel erkennen lassen. Man sieht darin entweder alle Lamellensysteme von Kamacit und Bandtaenit gleichmäßig wiederkehren oder seltener nur zwei derselben vorherrschen oder daß gar nur ein Lamellensystem vorhanden ist. Der Mikroplessit ist von feinkrystallinem bis dichtem Ansehen und durch eine dunkle, tiefgraue Farbe gekennzeichnet. Er gibt sich erst im Mikroskop als ein feinkrystallines Gemenge zu erkennen, in dem die parallele (lamellare) Anordnung der verkürzten Kamacitbälkchen und Taenitblättchen (Stäbchen) durchwegs oder nur partienweise wieder der oktaedrischen Bauanlage folgt. Letztere ist öfters am Rande als feines Gespinst entwickelt, das sich allmählich auflöst und weiter nach innen in eine mehr körnig-staubige, aber immerhin deutlich versteckt oktaedrisch orientierte Masse übergeht. Mit der Zunahme des Plessits in einem Oktaedriten bis zur Erreichung selbständiger Plessitmassen gelangt dann vorwiegend nur ein Lamellensystem zur Ausbildung und bedingt die lamellare Normalstruktur der Plessitmeteoriten. Genetisch haben wir ein einzig herrschendes Lamellensystem als eine Balkenscharung aufzufassen, wie solche oft recht ausgiebig auch im groben Balkengefüge vorkommen. Trifft es sich, daß feine gescharte Lamellenbündel in Plessiten sich in Zwillingslage zueinander befinden, so resultiert daraus die Bänderzeichnung, wie eine solche in vorzüglicher Weise im Kapeisen vorliegt.

Die große Mehrzahl der oktaedrischen Eisen führen Makroplessit, seltener Mikroplessit allein. Viele Eisen enthalten beide Arten nebeneinander in getrennten Feldern, seltener beide Arten im selben Plessitfelde (Indenpendence Co., Oroville). In den nickelreichen Oktaedriten reichert sich der Mikroplessit zur Grundmasse an und die zarten Balkennetze oder feinen losen Kamacitbälkchen liegen schwebend im Mikroplessit.

Es ist nun eine an Gesetzmäßigkeit grenzende Regel, daß der Bandtaenit außer als dünne Blatteinlage zwischen den Kamacitlamellen auch als mantelartige Umhüllung der Plessitfüllungen vorhanden ist. Nur ganz ausnahmsweise habe ich z. B. im Tolucaeisen Plessitfelder ohne Taenithülle beobachtet. Je nach der Bauart des Plessits ist die Grenzzone des Bandtaenits zu ihm verschieden geartet, aber fast ohne Ausnahme ist ein Verfließen des Taenitbandes in den Plessit zu verfolgen. An Makroplessiten z. B. mit einem Balkensystem (San Angelo) sieht man, wie die speerförmig zugespitzten Kamacitbälkchen des Plessits das Taenitband durchschneiden und bis zu dem das Plessitfeld einrahmenden Kamacitbalken vorstoßen. An Stelle eines kontinuierlichen Taenitbandes sind Taenitzwickel getreten, die sich nach innen verjüngen und als Taenit fortsetzen, der ein Bestandteil des Plessits ist. Parallel der Blattebene des Balkensystems im selben Plessitfelde erscheint das Taenitband ungestört. Kreuzen sich in einem Felde mehrere Balkensysteme, deren Balkenenden sich bis an die Ränder des Plessitfeldes fortsetzen, so kann es geschehen, daß dem Plessit ein geschlossener Taenitrahmen fehlt. In feinem, grauem Plessit schwebende Kamacitbälkchen sind ausnahmslos von einem kontinuierlichen Taenitband umhüllt. Auf der Grenze zum Plessit verspießen sich der Bandtaenit und Plessit. Die Kamacitstengelchen des Plessits und die vom Bandtaenit ausstrahlenden Taenitfäden schieben sich ineinander wie die Borsten zweier ineinander gepreßter Bürsten. Mikroskopisch ist ferner ohne Mühe Bandtaenit aufzufinden, der durch Aufnahme von Staubkamacit ein Abblassen seines hohen metallischen Glanzes erfährt und allmählich abgedunkelt in den

Plessit übergeht. Auch an mehr körnig ausgebildeten Plessitkamaciten ist beim Fehlen eines kontinuierlichen Taenitbandes der Rand des Plessits immer taenitreicher als die Kernzone. Auch mag erwähnt werden, daß in homogenen Taenitleisten von Kamacitstaub hervorgerufene schleierartige Trübungen gewöhnliche Erscheinungen sind.

Nach den angegebenen und noch anderen möglichen Grenzformen zwischen Bandtaenit und Plessit besteht untrüglich ein unzerreißbarer Zusammenhang zwischen der Taenithülle und dem zum Bestande des Plessits gehörigen Taenit. Man kann nicht angeben, wo der Bandtaenit aufhört und der Taenit des Plessits anfängt. Beide erscheinen ausnahmslos als eine untrennbare Einheit.

Ferner kann bemerkt werden, daß zwischen den Taenithüllen des Plessits und den feinen, oft kaum liniendicken, zwischen die Kamacitbalken eingequetschten Taenitblechen gut abgestufte Übergänge zu beobachten sind, welche die Zusammengehörigkeit aller bandartigen Taenite dartun. Verbreitern sich die Taenitstreifen, beziehentlich erweitert sich der Zwischenraum zwischen den Kamaciten, so erscheint sofort inmitten des Taenitstreifens Kamacitstaub oder feinkrystallierter normaler Plessit.

Die bestehenden Übergänge zwischen dem Bandtaenit und dem Plessit vermögen uns zu überzeugen, daß Bandtaenit und Plessit derselben Bildungsphase angehören, die zeitlich mit der Ausscheidung des Bandtaenits eingeleitet wurde.

Rinne[1] hat in seiner theoretischen Erörterung der Meteoreisenstrukturen die Entstehung der Taenitbänder durch eine Rückschlagsbildung oder durch Löslichkeitsveränderung des Nickeleisens bei Temperaturerniedrigung unter die eutektoide Horizontale zu erklären versucht.

Welchen Vorgang immer man zur Erklärung für die Entstehung des bandartigen Taenits heranziehen mag, so wird sich jedem der beiden möglichen Fälle die Zuteilung der Taenitbänder in den Bereich des Plessits in ganz natürlicher Weise anpassen. Ja erst durch diese Zuweisung an den Plessit erhalten sie ihre gesetzmäßige Einfügung in die Bau-

[1] A. a. O.

konstruktion der oktaedrischen Eisen. Entscheidet man sich für eine stattgefundene Rückschlagbildung, als den wahrscheinlicheren Vorgang, so wird man leichthin zugeben, daß nach dem Hinauswachsen des Kamacits über das ihm zukommende Normalmaß in der nächsten Umgebung desselben ein Überschuß an Nickel eingetreten sein muß. Dieser Nickelüberschuß, der gleichzeitig einen Nickelüberschuß für die Randzonen des Plessits bedeutet, hat im eutektoiden Entmischungsrest, d. i. im Plessit zu einer angereicherten randlichen Taenitausscheidung geführt. In den schmalen, zwischen den Kamacitbalken eingeklemmten Blättern des Entmischungsrestes wäre dann reiner oder nur von wenig sichtbarem Kamacit oder nur in Spuren von Plessit begleiteter Bandtaenit krystallisiert, entsprechend dem Taenitrand der größeren Plessitfelder. Mehr als mit einem erfolgten Rückschlage wird die hier angenommene Bildungsart des Bandtaenits mit dem von Guertler[1] als »Einformung« bezeichneten Prozesse übereinstimmen, bei dem die großen Kamacitplatten auf Kosten des Plessitkamacits angewachsen sind.

Da die Entstehung des Plessits nach dem Kamacit, also in einem Abkühlungsintervall erfolgt ist, wo Magnetisierbarkeit vorhanden war, so mag auf diesen Umstand hingewiesen sein, der es vermocht haben könnte, eine stark angereicherte Ausscheidung des stark magnetischen Taenits auf Kamacit, beziehentlich ein Wandern des Taenits an den Rand des Plessits zu bewirken. Auswanderung des Taenits aus Plessit hat Rinne allerdings beim gegenteiligen Prozeß bei Erhitzung des Meteoreisens von Tamarugal (El Inca) beobachtet.

Des öfteren läßt sich zwischen der Taenithülle und dem Kernplessit eine taenitfreie oder jedenfalls eine sehr taenitarme tiefgraue Zone von Kamacit beobachten. Es ist eine an Taenit verarmte Kamacitzone. Weiter gegen das Zentrum des Plessits wiederholen sich helleuchtende taenitische und matte Zonen, es ist eine taenitreiche und taenitarme Schalenbildung parallel den Grenzen der ausgefüllten Lücken. Es

[1] Guertler W., Metallographie, Bd. I, 1, p. 163, Berlin, 1912.

soll die Hervorhebung dieser Art von zonarer Plessitstruktur uns nur neuerdings das abwechselnde Eintreten von Verarmung und Anreicherung an Nickel anzeigen. Am reichsten an Taenit sind die äußersten Schalen. Es zeigen diese Zonarausscheidungen äußerlich viel Ähnlichkeit mit magmatischen Gesteinsbildungen, wo einer von zwei Bestandteilen, z. B. ein saurer und ein basischer Gemengteil, miteinander bänderweise alternieren.

Über die chemische Zusammensetzung des echten Plessits besitzen wir nicht halbwegs sichere Zahlen. Man hat bisher das nickelreichste Eisen von San Cristobal (26% Ni) mit der Zusammensetzung des Normalplessits identifiziert. Von mehreren rein plessitischen Meteoreisen (Capeisen, Shingle Springs, Howard Co. u. a.) besitzen wir neuere verläßliche Analysen, deren Nickelgehalt zwischen 16 bis 18% schwankt. Es scheint mir kein Zweifel zu bestehen, daß diese aus der Erfahrung gewonnenen Zahlen uns die normale Plessitzusammensetzung anzeigen, welche in den Bereich von 18% Nickelgehalt oder etwas darüber zu verlegen ist. Das Eisen von San Cristobal besteht aus sehr groben Körnern mit Schlackenzwischenmasse. Am Rande ist partienweise eutektoide Lamellarstruktur vorhanden, während die Körner in der Mitte auf weite Strecken rein taenitisches Aussehen und Verhalten zeigen. Es liegt somit in San Cristobal eine Mischung etwas oberhalb der normalen Eutektoidgrenze vor aus der Zone, wo der Taenit die Vormacht hat.

Die Ausbildungsform des Plessits in den Oktaedriten wird zu Unterteilungen erst verwendbar werden, wenn das Verhältnis zwischen Makro- und Mikroplessit klargelegt sein wird.

Die Plessitmeteorite werden aber nach Vollendung der Untersuchung ihrer Mikrostruktur ebenfalls wie die übrigen Gruppen eine Einteilung nach Art ihrer Strukturform erfahren.

Die geschilderten Grenzverhältnisse zwischen dem Bandtaenit und Plessit könnten Anlaß bieten, dem Bandtaenit die Rolle eines selbständigen Strukturelementes in den oktaedrischen Eisen abzuerkennen und ihn ganz in das Bereich des

Plessits zu verweisen, was die Aufhebung der Reichenbach'schen Trias und die Überführung derselben in eine Dyas (Kamacit und Plessit) bedeuten würde. Mit dieser Entschließung würden die theoretischen Ableitungen über den Aufbau der oktaedrischen Meteoreisen in Übereinstimmung stehen.

Bei dem jetzigen Stande der Untersuchung, von der wir noch die nötige Kenntnis über das Mengenverhältnis des Taenits in den beiderlei Plessitarten abzuwarten haben, muß jedoch die der Ausscheidung des reinen Plessits vorangehende Abscheidung des Bandtaenits als eine maßgebliche Tatsache festgehalten werden und dem Bandtaenit seine alte Rolle mit den hervorstechenden Eigenschaften, als einem dem Kamacit und Plessit gleichwertigen, aber letzterem genetisch ganz nahe verbundenen Gliede, im Gefüge der oktaedrischen Eisen erhalten bleiben.

Metabolit. Gelegentlich der Beschreibung des im Naturhistorischen Hofmuseum aufbewahrten Zwillingsblockes von Mukerop konnte ich an demselben dunstartig schleierige Partien beobachten, deren Struktur mit jener in den natürlichen Brandzonen der Meteoreisen übereinstimmend gefunden wurde.[1] Das Entstehen der nur wenige Millimeter starken Brandzonen (Veränderungszonen) an der äußersten Oberfläche der Meteoreisen ist jederzeit als eine durch die Erhitzung in unserer Atmosphäre zustande gekommene Strukturveränderung anerkannt worden. Es wurden daraufhin von mir gleichartige Erscheinungen in anderen Meteoreisen auf eine außerhalb des Erdbereiches stattgefundene Erhitzung zurückgeführt. Solche durch sekundäre Erhitzung umkrystallisierte Meteoreisen wurden zur Unterscheidung von den unveränderten Meteoreisen von mir als »Metabolite« bezeichnet.

Zu den Metaboliten wurden nebst Mukerop anfänglich auch eine größere Zahl der »dichten« Meteoreisen zugezählt.[2] Seither eingeführte exaktere Beobachtungsmethoden, bessere

---

[1] F. Berwerth, Der Meteoreisenzwilling von Mukerop. Diese Sitzungsberichte, Bd. 111, Abt. I (1902), p. 646 bis 666.

[2] F. Berwerth, Anzeiger der Kaiserl. Akademie der Wiss. in Wien (1904), p. 182 bis 184.

Präparation der Metallflächen sowie Erweiterung der Erfahrungen haben meine Zuweisung derselben zu den Metaboliten zum Teil als irrig erwiesen. Ein in der Folge angestellter Versuch sollte die Umkrystallisierung der Meteoreisen auf künstlichem Wege erweisen, welche Voraussetzung sich vollkommen erfüllte. Eine 7 Stunden lange Erhitzung einer Tolucaplatte bei einer Temperatur von zirka 950° C. zeitigte das Resultat, daß die Kamacitbalken in einen körnig-fetzigen Zustand, also in künstlichen Metabolit übergeführt worden waren.[1] Der Versuch brachte eine vollständige Wandlung in die bisherige Auffassung und führte zur richtigen Lösung der »Metabolitfrage«, indem es möglich ward, die als natürliche Metabolite angesprochenen Meteoreisen außer wenigen zweifelhaften Fällen als »künstliche Metabolite« zu bestimmen. Nachdem das Vorbild eines künstlichen Metabolits gegeben war, hat sich nämlich herausgestellt, daß eine überraschend große Zahl von Meteoreisen einer Feuerbehandlung unterzogen worden sind, deren Einfluß wir jetzt zu erkennen imstande sind, auch wenn äußerlich kein Merkmal an eine Erhitzung im Feuer erinnert. Wie wir also auch ohne Vorhandensein der Oberfläche den metabolitischen Zustand zu erkennen vermögen, so dürfen wir nicht umgekehrt bei Gegenwart von äußeren Spuren von Feuerbehandlung das Meteoreisen als Metabolit bezeichnen. Man kann bei Vorhandensein solcher Spuren zwar eine Metabolisierung vermuten, sie kann aber ausbleiben und ist tatsächlich auch ausgeblieben, wenn die Dauer der Erhitzung zu kurz und die Temperatur zu niedrig war. Größere Oberflächenteile der Meteoreisen stehen bei der Gepflogenheit, die Eisen in Platten zu zerlegen, selten zur Verfügung. Trotzdem habe ich an einigen zwanzig Proben der Wiener Meteoritensammlung Spuren künstlicher Erhitzung und mechanische Eingriffe an Meteoreisenstücken vorgefunden. Es wurden angetroffen: sehr häufig Zunder (von Schmieden so benannte schlackige Krusten), blaue Anlauffarben, Hammerschlag, in weichem Eisen erzeugte Hammer- und Meißelspuren, sehr

---

[1] F. Berwerth, Künstlicher Metabolit, a. a. O.

häufig weiche oder kalte Hämmerung, kleine Mulden von Hammerschlägen. Zwischen Hammer und Amboß bearbeitete Eisen tragen häufig auch gekrümmte Lamellen, eine Erscheinung, die in früheren Zeiten häufig fälschlich als primäre Bildung gedeutet worden ist. Auch in der Literatur werden viele Eisen genannt, die in Händen von Schmieden gewesen oder von den Findern erhitzt worden sind. Vom Prambananblock werden noch heutigentags von seinem Besitzer Teile durch Erweichung im Feuer abgetrennt und dieselben zur Herstellung von Dolchen verwendet. Viele Eisen sind also bis in noch ganz junge Vorzeit herauf unbewußt in künstlichen Metabolit übergeführt worden. Nachdem wir jetzt wissen, daß die Meteoreisen schon bei einigen 100° Erhitzung ihre Struktur verändern, so ist hier wohl der Rat am Platze, den althergebrachten Brauch abzustellen, gemäß dem die Eisen nach dem Ätzen durch oft recht scharfe Erhitzung getrocknet wurden. Es ist zu empfehlen, nach der Ätzung die Säure mit Alkohol wegzufluten und die rasche Trocknung durch ein Gebläse oder einfaches Anblasen mit einem »Blasebalg« vorzunehmen.

Über das Verhalten eines Meteoreisens bei Erhitzung von verschiedener Dauer und Temperatur haben die Untersuchungen von W. Fraenkel und G. Tammann[1] unter anderem die wichtige Entscheidung gebracht, daß der physikalische Zustand des Kamacitmetabolits mit jenem des Nickeleisens im Zustandsfeld des technischen γ-Nickeleisens übereinstimmt. Eine andere wichtige Tatsache erbrachten F. Rinne und H. E. Boeke[2] durch Erhitzung des Eisens El Inca (Tamarugal) bei 1300° in der Dauer von 4 bis 14 Stunden, wobei sie eine Auswanderung des Taenits aus dem Plessit feststellen konnten, die zur Verdickung der Taenitbänder führte und der Plessit nach dem Versuch fast nur aus Fetzenkamacit bestand. Das Wandern der Taenitteilchen auf merkliche Wegstrecken hin wird als Beweis angesehen, »daß die Struktur plessitführender Meteoreisen

---

[1] W. Fraenkel und G. Tammann, a. a. O., p. 429.

[2] F. Rinne und H. E. Boeke, N. Jahrb., Festband 1907, p. 252.

durch Umkrystallisierung im festen Zustande des Materials zustande gekommen ist«.

Außer diesen Beiträgen zur »Metabolitkunde« muß auch als sehr bemerkenswerter Begleitumstand bei der Metabolisierung des Kamacits das von F. Berwerth und G. Tammann[1] beobachtete Verschwinden der Neumann-schen Linien hervorgehoben werden. Letztere sind ein wesentliches Attribut der Kamacite, mögen sie in kompaktem Kamacit oder in Balkenkamacit auftreten. Begonnenes oder gänzliches Verschwinden der Zwillingslamellen bei gleichzeitiger Körnung der Masse zeigt einen sicheren Metabolisierungszustand eines Meteoreisens an. Als Ausnahme von der Regel sind einige ganz wenige Hexaedriteisen (Bingera, Barraba) und Balkenkamacite (in Ruffs Mountain, Seneca) bekannt, die aus Kamacitpolyedern ohne Neumann'sche Linien bestehen, oder sie müßten ganz versteckt und in unkenntlicher Weise vorhanden sein. Da bei dauerhafter Erhitzung und bei rascher Abkühlung die Entstehung grober Metabolitkörner möglich ist, so könnte man vermuten, daß in diesen genannten Eisen »natürliche Metabolite« vorlägen, wie wir ja auch einige umgeschmolzene Meteorsteine »Steinmetabolite« kennen (Orvinio, schwarze Chondrite). Solange jedoch die Bildung primärer Kamacitkörner ohne Neumann'sche Linien als möglich angenommen werden kann, so empfiehlt es sich, die Einteilung dieser nicht verzwillingten Kamacite unter die Metabolite gegenwärtig zu unterlassen.

Ihrem physikalischen Zustand gemäß sind die »künstlichen Metabolite« Paramorphosen von technischem Nickeleisen im Zustand des technischen γ-Nickeleisens nach Kamacit (Balkenkamacit und Plessitkamacit). Diesem Umstand muß bei der Einteilung der Metabolite in das System Rechnung getragen werden, da sie ja ein vom Kamacit verschiedenes Gebilde darstellen. Die Abscheidung der Metabolite von den

[1] F. Berwerth und G. Tammann, Über die natürliche und künstliche Brandzone der Meteoreisen und das Verhalten der Neumann'schen Linien im erhitzten Kamacit. Diese Sitzungsberichte, Bd. 120, Abt. I (1911), p. 31 bis 47, oder Zeitschr. für anorg. Chem., Bd. 75 (1912), p. 145 bis 159.

autochthonen Meteoreisen als eine selbständige große Gruppe erscheint aus verschiedenen Ursachen zu weitgehend. Ihre Zusammenfassung in eine einzige große Reihe könnte möglicherweise als eine zu diesem bestimmten Zwecke vorgenommene völlige Loslösung von den unveränderten Meteoreisen ausgelegt werden. Mit dem Urmaterial sind die Metabolite von gleicher chemischer Zusammensetzung. Es entspricht dem in der Folge angewandten Einteilungsprinzip, den Metaboliten ihren natürlichen Platz im System in einem Anhang zur jeweiligen chemisch gleich zusammengesetzten Eisengruppe anzuweisen. Damit ist den Metaboliten die Zugehörigkeit in die Meteoreisenreihe gewahrt und die Bedeutung ihrer meteorischen Abkunft nicht geschmälert. Beim Gebrauch dieser Anordnung kann es auch nicht geschehen, daß veränderte und unveränderte Stücke desselben Meteoreisens aus ihrem angestammten Verband herausgerissen werden.

Strukturarten der Metabolite. Der metabolitische Zustand eines Meteoreisens ist, insoweit wir ihn bis jetzt kennen, auf Ätzflächen durch eine fetzig-körnige oder feinkrystalline (polyedrische) oder kryptokrystalline dichte Struktur charakterisiert. In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle ist an Stelle des regulären, durch Zwillingsbau ausgezeichneten Kamacits ein Aggregat neuformierter Eisenkörner getreten, die ein fetzenähnliches Aussehen haben und ein wirres, flimmeriges Wechselleuchten zeigen. Nach bekannten analogen Fällen hat sich diese fetzig-körnige Struktur mutmaßlich nach einer längeren, um 1000° C. herum stattgefundenen Erhitzung und bei nicht plötzlicher Abkühlung herausgebildet. Diesen gewöhnlich ausgebildeten »fetzig-körnigen Zustand« veranschaulichen die in allen größeren Sammlungen vorhandenen Meteoreisen von Misteca (Oaxaca) und La Caille.

In einen feinkrystallinen bis gröber polyedrischen Zustand sind durch Erhitzung nur einige wenige Eisen geraten. Zu ihnen gehören der Kamacithexaedrit von Hollands Store und der vollständig umkrystallisierte Oktaedrit von Rafrüti. In Hollands Store sieht man schon makroskopisch feine, hell metallglänzende Linien netzartig die Körner um-

hüllen. Dieselbe Erscheinung wiederholt sich mikroskopisch in Rafrüti. Rafrüti ist nachweislich wiederholt erhitzt und abgeschreckt worden, was den Rückschluß erlaubt, daß polyedrische metabolitische Eisen . einen gleichen Prozeß durchgemacht haben.

Ein äußerlich dichtes Ansehen haben einzelne Metabolite aus der Kamacit-Hexaedritgruppe. Bei starker Vergrößerung offenbart sich ihr Gefüge als ein kryptokrystallines wirres Gemenge von gehäuften feinen Eisenkörnchen und Taenitschüppchen (mikroskopischer Rhabdit ist mit letzteren nicht zu verwechseln). Hierher gehörige Beispiele sind: Primitiva, Summit, Ainsworth. In allen drei Eisen läßt sich schon makroskopisch eine ungleiche Verteilung des Nickelgehaltes beobachten, erkennbar an schwacher Ätzung der an Nickel angereicherten Partien, die sich stets an die Schreibersithieroglyphen anlegen. Über die Umstände des Zerfalls von erhitztem Kamacit in seine beiden Komponenten Fe und Ni, wobei das Nickel als Taenit sich ausscheidet, der an den Rand der Körner wandert oder in Flitterchen im Gemenge verbleibt, sind wir noch nicht unterrichtet. Jedoch haben wir es in den körnig-dichten Meteoreisen voraussichtlich mit Umwandlungen bei niedriger Temperatur zu tun. So besitzen z. B. von Schreibersiten ganz umschlossene und gegen starke Erhitzung geschützte Kamacitkörner in mehreren Eisenproben noch die Neumann'schen Linien, die sonst allgemein fehlen.

Die Grundlagen des natürlichen Systems. Die natürliche Klassifikation der Meteoreisen ist uns durch das im Eingang dieser Arbeit mitgeteilte Roozeboom'sche und von Rinne angewandte hypothetische Entmischungsschema der meteorischen Eisennickellegierungen vorgezeichnet. Darnach haben die Meteoreisen ihr Gefüge in festem Zustande erhalten und ist ihre Scheidung in eine Reihe von Arten, entsprechend den Lösungsgesetzen des Nickeleisens bei bestimmten Temperaturen erfolgt. Wenn wir uns die Abszisse des Roozeboom'schen Schemas herauszeichnen und darauf die Prozentgehalte des Nickels auftragen, so erscheinen nach dem Schema auf dieser Linie zunächst die Abgrenzungen

jener Strecken als wichtig, auf denen Mischbarkeit und Nichtmischbarkeit von Fe und Ni besteht (Fig. 2).

Von 0 bis 6% Ni besteht völlige Mischbarkeit zwischen Fe und Ni. Bei 6% Ni ist die Sättigung der Lösung erreicht und entspricht die Mischung dem Kamacit (Rinne's nickelarmer Nickelferrit). Einige wenige Kamacite mit einem Nickelgehalt unter 6%, niemals unter 3%, sind ungesättigte Mischkrystalle.

Von 6 bis 49% Ni-Gehalt besteht Nichtmischbarkeit zwischen Fe und Ni. Die feste Lösung entmischt sich auf der nickelarmen Seite zu Kamacit, Taenit und Plessit und auf der nickelreichen Seite zu Taenit und Plessit. Zwischen den nickelarmen und nickelreichen Gliedern verläuft die

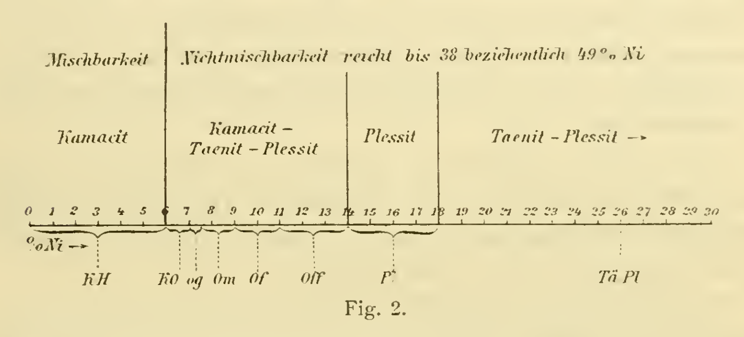


Fig. 2.

Zone des eutektoiden Gemenges von Kamacit und Taenit, des Plessits.

Die Gesamtstrecke der Nichtmischbarkeit entspricht Rinne's Lacune = Mischungslücke. Die obere Grenze der Mischungslücke ist uns gegenwärtig nicht genau bekannt. Nach Smith hat der Taenit einen Nickelgehalt von nicht weniger als 37% Ni. Dieser Zahl nähert sich Fletcher's Analyse eines Taenits mit 38% Ni. Dagegen gibt Sjöström den Nickelgehalt eines Taenits aus Beaconsfield mit 49% an, was augenblicklich der höchstausgewiesene Nickelgehalt eines Taenits ist.

Ebenso wie die oberste Grenze der Mischungslücke nicht endgültig festgelegt ist, so wenig sicher ist auch die Zone des eutektoiden Gemenges des Plessits abgegrenzt. Der höchstbestimmte Durchschnittsgehalt eines Meteoreisens an

Ni steht heute bei 26% (Eisen von San Cristobal). Smith nimmt diesen Betrag als den Normalnickelgehalt des Eutektikums von Kamacit und Taenit an.

An mehreren Plessitmeteoreisen mit echtem eutektischen Gefüge (wie Capland, Shingle Springs, Iquique, Smithland, Howard Co. u. a.) ist jedoch der Nickelgehalt zwischen 15 bis 18% gefunden. Es ist mehr als wahrscheinlich, daß die aus der Erfahrung gewonnenen Zahlen der wahren Zusammensetzung des Plessits am nächsten kommen. Man wird die eutektische Zone um so eher auf die Vertikallinie mit 18% Ni verlegen können, da das Eisen von San Cristobal (26% Ni) außerordentlich wenig Plessit enthält und sonst aus einer schwer ätzbaren taenitischen Masse besteht. San Cristobal erhält dadurch eine Sonderstellung. Es ist das einzige Meteoreisen, dessen Nickelgehalt über die Eutektzone hinausgeht und in das nickelreiche Entmischungsfeld Taenit + Plessit fällt.

Von 49 bis 100% Ni besteht mit einer Unterbrechung bei 68% Ni (entspricht der chemischen Verbindung Awaruit) wieder volle Mischbarkeit von Fe und Ni unter Ausscheidung von Mischkrystallen von Taenit.

Der mit 26% gefundene höchste Durchschnittsgehalt an Ni in Meteoreisen zeigt uns an, daß von den theoretisch möglichen Meteoreisenarten mit 27 bis 49% und 50 bis 100% Ni derzeitig keine Vertreter bekannt sind. Sämtliche bisher bekannten Meteoreisen — in runder Zahl 250 — gehören an: der Kamacitzone von 0 bis 6% Ni = Abteilung I, und der unteren nickelarmen Hälfte der Mischungslücke bis zur Grenze der nickelreicheren Hälfte mit 26% Ni = Abteilung II. Die Meteoreisenarten der Mischungslücke mit 7 bis 18% Ni zerfallen in zwei Gruppen: die oktaedrischen Eisen mit 7 bis 14% und die Plessite mit einem Spielraum des Nickels von 14 bis 18%. Als dritte Gruppe kommt neu hinzu das Eisen von San Cristobal (26% Ni).

Die Abteilung I entspricht Rinne's Sublacuniten und die Abteilung II seinen Lacuniten, mit den drei Gruppen hypeutektoide, eutektoide und hypereutektoide Lacunite.

Das vorbesprochene Klassifikationsprinzip, unterstehend den Gesetzen des Gleichgewichtszustandes zwischen Eisen und Nickel bei bestimmten Temperaturen, bringt die Meteoreisen in eine lückenlose Reihe, die mit dem Kamacit in gewaltigen kompakten Massen und verkleinerten körnigen Aggregaten anhebt und in ganz groben, oktaedrisch geordneten Kamacitkrystalloiden mit kaum merkbaren Spuren von Plessit an die untere Grenze der Mischungslücke heranreicht. Darüber hinaus entwickeln sich die aus Kamacit, Taenit und Plessit gemengten Mischungsglieder, die oktaedrischen Eisen. Anfänglich geschlossene oktaedrische Kamacitnetze mit sehr wenig Plessit öffnen sich allmählich unter Verminderung der Lamellendicke und Mehrung des Plessits unter Wahrung der Vormacht des Kamacits zu mittelstarken und feinen Netzen mit Intersertalstruktur. Bei fortschreitender Mehrung und Erreichung der Vormacht des Plessits beginnt schließlich das sehr verjüngte Kamacitnetz zu schwinden und die letzten losen Kamacitspindeln schwimmen porphyrisch in einer Grundmasse von Plessit. Es folgen die reinen Plessiteisen und im einzigen Endgliede aus der Zone der Taenitvormacht findet die Meteoreisenreihe ihren Abschluß.

Eine Zerlegung der durch Übergänge verbundenen oktaedrischen Eisen in Arten fordert das Verlangen nach Übersichtlichkeit, das in beschränkten Grenzen Gleichgeartete zusammenzufassen und mit besonderen Namen zu belegen.

Die Auftragung aller jetzt bekannten Arten von Meteoreisen nach dem Nickelgehalt auf der voranstehenden Abscissenlinie ergibt folgende Aneinanderreihung der Arten. Farrington hat für die Hexaedrite (*H*) und die Unterabteilungen der Oktaedrite (*Ogg*, *Og*, *Om*, *Of*, *Off*) folgende Mittelwerte des Ni (*Co*) berechnet. $H = 5\cdot88$, $Ogg = 6\cdot82$, $Og = 7\cdot72$, $Om = 9\cdot36$, $Of = 9\cdot82$, $Off = 11\cdot49\%$. Diese Mittelwerte können nun als relativ richtig angesehen werden. Durchschnittlich ist der Nickelgehalt zu niedrig gefunden und in mehreren Analysen desselben Eisens schwankten die Angaben oft um viele Prozente. Trotz der älteren Analysenmängel zeigt uns doch der Nickelgehalt, angefangen von den groben kamacitischen bis zu den feinsten Oktaedriten, sein erforder-

liches Anwachsen. Gewährt man dem Nickelmittelwerte jeder Art den nötigen Spielraum, so lassen sich die Nickelgehalte für die verschiedenen Arten zwischen folgenden Grenzen annähernd festlegen. *H* (neu *KH*) = 3 bis 6%, *Ogg* (neu *KO*) = 6 bis 7%, *Og* = 7 bis 7·5%, *Om* = 7·5 bis 9%, *Of* = 9 bis 11%, *Off* = 11 bis 14%, Plessit = 14 bis 18%, Taenitplessit = 26% Ni.

Die Verteilung der Nickelprozentzahlen auf die Abscissenachse des Entmischungsschemas zeigt die volle Übereinstimmung zwischen den tatsächlichen und theoretisch abgeleiteten Zuständen der Meteoreisen.

Zur Nomenklatur. Im Jahre 1863 brachte Maskelyne die meteorischen Gesteine in drei große Abteilungen und nannte sie Aerolithe (Meteorsteine), Aerosiderite (Meteoreisen), später Siderite und Aerosiderolithe oder Siderolithe (Gemenge von Nickeleisen und Silikaten), noch später Mesosiderite. Eine Übersicht über die seither vorgekommene systematische Behandlung der Meteoriten, die Wandlungen in der Einteilung und in den Benennungen der Gruppen und Arten enthält Cohen's Meteoritenkunde, Heft 3, und bedarf hier nicht der Wiederholung.

Die Aufrechterhaltung, richtiger die Wiedereinführung der Maskelyne'schen Dreiteilung der meteorischen Massen erscheint mir sehr zweckmäßig. Bezüglich der Benennung der großen Gruppen möchte ich aber zu einem Vorschlag kommen, der die Gewähr allseitiger Annahme bietet und den Gebrauch einer einheitlichen Nomenklatur vorbereitet.

Gegenwärtig werden die meteorischen Massen in sämtlichen Kultursprachen »Meteorite« genannt. Wird nun diesem schon zum Gemeingute gewordenen und im gleichen Sinne verwendeten Ausdruck das Kennzeichen der stofflichen Beschaffenheit in adjektivischer Form vorgesetzt, so erhält man für die drei großen Meteoritengruppen sehr zutreffende Benennungen, die gleichzeitig besagen, daß ein Meteorit vorliegt, der ein Stein, ein Nickeleisen oder ein Gemenge beider ist. Ich würde demnach für die dreiteilige Scheidung der Meteoriten folgende Namen in Antrag bringen: *A.* Lithometeorite = Steinmeteorite, *B.* Lithosiderometeorite oder kürzer

Mesometeorite = gemischte Meteoriten, Übergänge zwischen Stein und Eisen, C. Siderometeorite = Eisenmeteoriten. Das Verschwinden des in sehr vieldeutigem Sinne verwendeten Namens »Siderit« wird voraussichtlich nicht mißbilligt werden und auch die Ausschaltung der Namen Litholithe, Lithite u. a. keinem ernsten Widerspruch begegnen.

Gemäß der getroffenen Entscheidung werde ich die Meteoreisen unter der Aufschrift *C.* Siderometeorite vereinen.

Anfänglich hatte ich die Namen Lithobolide, Mesobolide und Siderobolide gewählt, habe dieselben aber wegen des heute wenig oder gar nicht mehr im Gebrauch stehenden Ausdruckes »bolide« zugunsten »Meteorite« fallen gelassen.

Mehr Schwierigkeiten bereitet die Wahl der Nomenklatur für die große Zahl der Meteoreisenarten. Hier begehrt die neue Nomenklatur eine prinzipielle Entscheidung darüber, ob die von Tschermak eingeführte und bewährte Buchstabenzeichnung aufzulassen und durch eine neue Bezeichnung zu ersetzen sei, die sich im ganzen Umfange grundsätzlich den aus den chemisch-physikalischen Lehren gewonnenen veränderten Auffassungen anpaßt. Es wird sich aus den folgenden Betrachtungen ergeben, daß die neuen Grundlagen des Systems keine Umtaufung der alten Arten verlangen.

Im neuen System ordnen sich die Meteoreisen in eine Reihe mit folgenden Gruppen, denen an zweiter Stelle die Nomenklatur Rinne's, an dritter Stelle die alte Einteilung Tschermak's beigesetzt ist.

Bezeichnung nach der Zusammensetzung	Benennung nach Rinne	Benennung nach Tschermak
Kamacit	Sublacunit	hexaedrische Eisen
Kamacit-Taenit-Plessit	hypeutektoider Lacunit	oktaedrische Eisen
Plessit	eutektoider Lacunit	(körnig und dicht)
Taenitplessit	hypereutektoider Lacunit	—

Tschermak's Einteilung vom Jahre 1872, die sich an Rose anlehnte, enthält die Hauptgruppen — schalige Zusammensetzung parallel dem Oktaeder — ein Individuum ohne schalige Zusammensetzung — körnig und dicht. Die beiden ersten Abteilungen wurden mit (*H*) und (*O*), also als hexaedrische und oktaedrische Eisen und die dritte Gruppe mit (*D*) bezeichnet. In den neueren systematischen Behandlungen der Meteoriten von Březina und Cohen fallen die Gruppen mit jenen von Tschermak zusammen, doch wurden die beiden ersten mit dem Schlagwort Oktaedrit und Hexaedrit belegt.

Aus der Zusammenstellung ist ersichtlich, daß die Kamacit- und Kamacit-Taenit-Plessitgruppe mit den alten Benennungen Hexaedrit und Oktaedrit sachlich übereinstimmen. Die alte, oben eingeklammerte Gruppe der dichten und körnigen Eisen verfällt der Auflösung. Die nickelreichen Glieder derselben werden zur Bildung der neuen Plessitgruppe verwendet und der Rest der nickelarmen Glieder fällt der Kamacitgruppe zu.

Im alten System hat Tschermak die Ausdrücke hexaedrisches und oktaedrisches Eisen als Artbegriff verwendet, die im neuen System, wenn auch in anderer Auffassung fortbestehen bleiben. Im vorstehenden Absatz »Die Grundlagen des natürlichen Systems« wurde darauf hingewiesen, daß die Arten und Unterarten der großen alten Oktaedritgruppe mit der auf chemischer Grundlage gefundenen Einteilung in Arten sich vollkommen decken. Unter diesen Umständen besteht keine prinzipielle Veranlassung, die Bezeichnung der Meteoreisenarten nach Tschermak aufzulassen. Da sie auf den Artbegriff aufgebaut ist, läßt sie sich zwanglos und in gleicher Bedeutung auch auf das neue System übertragen. Ihre Ergänzung durch Einführung neuer Sprachzeichen für zugewachsene Arten bleibt unbegrenzt. Die Anwendung neuer Sprachzeichen müßte heute von den Gruppennamen Kamacit, Kamacit-(Taenit)-Plessit oder Sublacunite und Lacunite ausgehen. Ein solcher Versuch führt bei der oktaedrischen (Kamacit-Taenit-Plessit)-Gruppe zu verwickelten Zeichen, welche die Übersichtlichkeit mindestens sehr erschweren, wenn nicht ganz aufheben. Beim Kamacit und Plessit kann

das unverfänglich geschehen, da sich voraussichtlich auch weiterhin innerhalb der beiden Gruppen keine nennenswerte Vermehrung der Arten ergeben wird. Die Kontinuität in der systematischen Entwicklung einer Wissenschaft fördern zu können, erscheint mir wichtig für die gegenseitige Verständigung und von großem Vorteil bei Einfügung alter Begriffe unter neue höhere Ordnungen nicht in neuen Zeichen reden zu müssen. Die von Wien ausgegangene Bezeichnungsart der Meteoriten ist in Deutschland, Amerika und England im Gebrauche. Ihre Anwendung im Rahmen des neuen Systems sichert ihr eine weitere Entwicklung. Eine Übersicht der Abteilungen, Gruppen und Arten der Siderometeorite gibt folgende Tabelle:

C. Siderometeorite oder Eisenmeteoriten.[1]

Übersicht der Abteilungen, Gruppen und Arten der Siderometeorite.

I. **Kamacit-Meteorite** (Rinne's Sublacunite). Ni = 6%.

I. 1. **Kamacite.**

I. 1. *a.* Kamacit-Hexaedrite (*KH*).

I. 1. *b.* Körnige oder Granokamacit-Hexaedrite (*kKH*).

I. 1. *c.* Kamacit-Oktaedrite (*KO*).

Anhang zu I. Künstliche Kamacit-Metabolite (*KMe*).

II. **Kamacit-Taenit-Meteorite** (Rinne's Lacunite). Ni = 7 bis 26%.

II. 1. **Kamacit-Taenit-Plessit-Meteorite** (Rinne's hypeutektoide Lacunite). Ni = 7 bis 14%.

II. 1. *a.* Oktaedrite (*O*).

II. 1. *a.* *α.* Grobe plessitarme Oktaedrite (*Og*). Ni = um 7 bis 7·5%.

---

[1] Neu verwendete Buchstabenzeichen: Großes *K* = Kamacit, kleines *k* = körnig, vor dem Hauptbuchstaben gleichkörnige Ausbildung der ganzen Eisenmasse, *k* am Schlusse des Zeichens = körnige Kamacitlamelle, *Me* = Metabolit, *TeO* = Tessera-Oktaedrit, *Do* = Dodekaedrit, *Pl* = Plessit, *Tä Pl* = Taenitplessit.

II. 1. *a*. β. Mittlere plessitreichere Oktaedrite (*Om*). Ni = 7·5 bis 9%.

II. 1. *a*. $β_1$. Mittlere Oktaedrite mit körnigen Kamacitlamellen (*Om k*).

Anhang zu II. 1. *a*. β. Mittlere künstliche Oktaedrit-Metabolite (*Om Me*).

II. 1. *a* γ. Feine plessitreiche Oktaedrite (*Of*). Ni = 9 bis 11%.

Anhang zu II. 1. *a*. γ. Feine künstliche Oktaedrit-Metabolite (*Of Me*).

II. 1. *a*. δ. Sehr feine, an Plessit überreiche Oktaedrite (*Off*). Ni = 11 bis 14%.

II. 1. *a*. ε. Granooktaedrite (*k Og*, *k Om*, *k Of*, *k Off*).

Anhang zu II. 1. *a*. ε. Künstliche Granooktaedrit-Metabolite (*kO Me*).

II. 1. *b*. Tessera-Oktaedrite (*Te O*). Lamellen nach (111) und (100).

II. 1. *c*. Dodekaedrite (*Do*). Lamellen nach (110).

II. 2. **Plessit-Meteorite** (*Pl*) (Rinne's eutektoide Lacunite). Ni = 14 bis 18%.

Anhang zu II. 2. Künstliche Plessit-Metabolite.

II. 3. **Taenit-Plessit-Meteorite** (*Tä Pl*) (Rinne's hypereutektoide Lacunite). Ni = 26%.

Einteilung der Meteoreisen in das natürliche System.

C. Siderometeorite.

Aus Nickeleisenlegierungen bestehende Metallmassen.

I. Kamacit-Meteorite.

Kamacit einziger wesentlicher Gemengteil.

I. 1. **Kamacit** (*K*). Für gewöhnlich ein gesättigter Mischkrystall mit 6% Ni, von großen bis kleinen Dimensionen,

einzeln, körnig aggregiert oder oktaedrisch orientiert, mit durchgehender Spaltbarkeit nach dem Hexaeder, polysynthetischen nach (112) eingelagerten Zwillingslamellen, auf welchen vorgenommene Ätzung vertiefte Rinnen erzeugt, genannt die »Neumann'schen Linien«.

I. 1. *a.* **Kamacit-Hexaedrite** (*KH*). Gigantische und kleinere Einzelindividuen von Kamacit.

Vertreten durch die Fälle von: Auburn 1867, Avče gefallen $^{3}/_{4}9^{h}$ a. m. 31. März 1908, Braunau gefallen 14. Juli 1847, Clairborne (Lime Creek) 1834, Coahuila 1837, Fort Duncan 1852 (Mavrick Co. 1882, Smithsonian Eisen 1882, Couch Eisen 1850), Hex River Mounts 1882, Iredell 1898, Lick Creek 1879, Murphi 1899, Ponca Creek (Dacotah) 1863, Scottsville 1867, Walker Co. (Morgan Co.) 1832.

I. 1. *b.* **Körnige oder Granokamacit-Hexaedrite** (*kKH*). Aggregate von groben bis kleinen Kamacitkörnern.

Vertreten durch die Fälle von: Barraba 1904, Bingera 1880 (Neumann'sche Linien fehlen in beiden Fällen), Copiapo 1863 (enthält steinige Einschlüsse), De Sotoville (Tombigbee River) 1878, Indian Valley (Floyd Co.) 1887, Kendall Co. 1887 (reich an steinigen Zwischenmassen), Nenntmannsdorf 1872 (Körnung nur in größeren Platten kenntlich).

I. 1. *c.* **Kamacit-Oktaedrite** (*KO*).

Zusammengesetzt aus unregelmäßigen, aber zu deutlichen groben Balken und Stengeln geformten und nach Oktaedertracen geordneten Kamacit-Krystalloiden, zum Teil mit den ersten vereinzelten Spuren von Plessit. Übergang zu den Kamacit-Taenit-Plessit-Meteoriten. Hier sind auch die ehemals mit *Ogg* bezeichneten Eisen eingeteilt.

Vertreten durch die Fälle von: Central-Missouri 1855, Mount Joy 1887, Narraburra Creek 1854, Nelson Co. 1860, Nuleri? 1902, Pittsburg 1850, São Julião 1883, Seeläsgen 1847, Sierra de Deesa 1865, Union Co. 1860, Zacatecas 1520.

Anhang zu I. Künstliche Kamacit-Metabolite (*KMc*).

Kamacit-Hexaedrite, Granokamacite und Kamacit-Oktaedrite mit sekundären, durch künstliche Erhitzung entstandenen Strukturen, wie fetzig-körnig, fein bis gröber polyedrisch und dicht (kryptokrystallin).

Vertreten durch die Fälle von: Ainsworth 1907/08, Campo del Cielo (Tucuman) 1783, Chesterville 1847, Cincinnati 1898, Hollands Store 1887, Locust Grove 1857, Nedagolla gefallen 23. Jänner 1870, Primitiva 1888, San Francisco del Mezquital 1867, Senegal 1763, Summit 1890, Forsyth County 1891.

II. **Kamacit-Taenit-Meteorite** (Rinne's Lacunite).
Ni = 7 bis 26%.

Wesentliche Gemengteile Kamacit und Taenit. Beide bilden für sich oder im eutektoiden Gemenge als Plessit selbständige Strukturelemente.

II. 1. **Kamacit-Taenit-Plessit-Meteorite** (Rinne's hypeutektoide Lacunite). Ni = 7 bis 14%.

Aus Kamacittafeln (Lamellen) und Taenitplatten netzförmig aufgebaute Eisen mit Plessit als Füllmasse. Auf polierten geätzten Flächen die Widmanstättenschen Figuren zeigend. Kamacit und Plessit stehen in wechselseitigem Verhältnis zueinander.

II. 1. *a*. **Oktaedrite** (*O*). Aufbau netzartig oktaedrisch. Die Kamacitlamellen lagern parallel den Oktaederflächenpaaren und Plessit füllt die Lücken des Kamacitnetzes.

II. 1. *a*. *α*. **Grobe, plessitarme Oktaedrite** (*Og*). Ni = um 7 bis 7·5%.

Breite der Kamacitlamellen (Balken) = 1·5 bis 2 *mm*, letztere häufig nach den vier Flächenpaaren des Oktaeders verzwillingt. Die Oktaederfläche ist gleichzeitig Zwillingsebene und Verwachsungsfläche.

Vertreten durch die Fälle von: Arispe (Noon) 1911, Arva (Magura) 1840, Barranca blanca 1855, Beaconsfield 1894, Bendegó 1784, Billings 1903, Bischtübe 1888, Black Mountain 1835, Bohumilitz 1829, Brazos (Wichita

Co.) 1836, Caney Fork (Smithville) 1840, Canon diablo 1891, Casey Co. 1877, Cocke County (Cosby Creek) 1840, Cranbourne 1854, Crow Creek (Silver Crown) 1887, Duell Hill 1873, Jennys Creek 1883, Lexington Co. 1880, Lonaconing 1888, Mooranoppin 1893, Mount Ayliff 1907, Mount Stirling 1892, Murnpeowie 1909, Narraburra (Yeo Yeo) 1885?, Niagara 1879, Nochtuisk 1876, Oregon City 1903, Pan de Azucar 1884, Paulding Co., beschr. 1913, Poopo 1910, Rosario 1897, Sarepta 1854, Smithville (Caney Fork) 1892, Smithville 1892, Südöstliches Missouri 1863, Surprise Springs 1899, Tabarz 1854, Tennants Eisen 1784, Waldron Ridge 1887, Youndegin 1884.

II. 1. *a*. β. **Mittlere, plessitreichere Oktaedrite** (*Om*). Ni = 7·5 bis 9%.

Intersertal Struktur. Lamellenbreite 0·5 bis 1·0 *mm*. Verzwillingung der gescharten Lamellen nach (111) gewöhnlich. Die Lamellen einheitlich, aber häufig abgekörnt.

Vertreten durch die Fälle von: Abert Eisen 1887, Angara 1885, Arlington 1894, Bald Eagle 1891, Cabin Creek, gefallen 27. März 1886, Canton (Cherokee Co.) 1894, Canyon City 1875, Cap York (Anighito) 1818, Casas grandes 1867, Chilkoot 19..?, Chulafinnee 1873, Cleveland 1886, Coopertown 1860, Costilla Peak 1881, Dellys 1863, Descubridora (Catorze) 1780, Durango 1804, Elbogen 1400?, El Capitan Range 1893, Emmetsburg 1854, Franceville 1890, Frankfort 1866, Guilford County 1820, Hayden Creek 1891, Hopewell Mounds 1902, Hopper (Henry Co.) 1889, Ilimaë 1870, Inca false 1888, Iron Creek (Victoria) 1871, Ivanpah 1880, Joels Eisen 1858, Juncal 1866, Kenton County 1889, Kingston (nach einem publizierten Bilde von Foote ist ein Teil einer Platte metabolitisch) 1891, Kouga 1903, Lenarto 1814, Lucky Hill 1855, Luis Lopez 1896, Matatiela 1885, Mazapil gefallen 27. November 1885, Merceditas 1884, Moctezuma 1899, Nagy Vászony 1890, Nejed 1864, Nocoleche 1895, Orange River 1887, Oroville 1894, Petropawlowsk 1840, Pila 1804, Plymouth 1893, Quinn Canyon 1908, Red River 1808, Rhine Valley 1901,

Rowton gefallen 20. April 1876, Sacramento Mounts 1896, San Angelo 1897, Schwetz 1850, Shrewsbury 1907, Ssyromolotow 1873, Staunton (Augusta County 1858, 1869, 1871), Tamarugal (El Inca) 1903, Tanokami 1885, Tepl 1909, Thunda 1886, Toluca (Hazienda Mãni, Capparosa, Los Reyes) 1784, Tonganoxie 1885, Trenton 1858, Welland 1888, Werchne Udinsk 1854, Whitfjeld County (Dalton) 1877, Williamstown 1890, Wooster (Wayne County) 1858.

II. 1. *a*. β_1. **Mittlere Oktaedrite mit körnigen Kamacitlamellen** (*Omk*).

Kamacitlamellen nicht einheitlich, aus verschieden orientierten Körnern zusammengesetzt. Kamacitnetz von scheckig-körnigem Ansehen.

Vertreten durch die Fälle von: Cachiyuyal 1874, Kokstad 1887, Oscuro Mountains 1893, Roebourne 1894, Ruffs Mountain 1850, Seneca 1850, Willamette (Clackamas County) 1902.

Anhang zu II. 1. *a*. β. Künstliche mittlere Oktaedrit-Metabolite (*Om Mc*).

Die Kamacitlamellen sind durch künstliche Erhitzung zumeist in einen fetzig-körnigen Zustand umgewandelt worden.

Vertreten durch die Fälle von: Burlington 1819, Charcas 1804, Concepcion 1784, Denton County 1856, Descubridora z. T. 1780, Durango z. T. 1804, Elbogen z. T. um 1400?, Jackson County 1846, La Caille zirka 1600, Losttown 1867, Marshall County 1860, Misteca (Oaxaca) 1843, Morito um 1600, Murfreesboro 1847, Nebraska (Fort Pierre) 1856, Reed City 1895, Taigha 1891 Tarapacá 1894, Toluca z. T. 1784, Toubil 1891, Tula (Netschaevo, mit Mesosideriteinschlüssen) 1846, Werchne Udinsk z. T. 1854.

II. 1. *a*. γ. **Feine plessitreiche Oktaedrite** (*Of*). Ni = 9 bis 11%. Lamellenbreite 0·2 bis 0·4 *mm*, sonst wie *Om*.

Vertreten durch die Fälle von: Adelaide?, beschr. 1901, Agram (Hraschina) gefallen 26. Mai 1751, Algoma 1887, Alt-Biela 1898, Ashville 1839, Augustinowka 1890, Bear

Creek 1866, Bella Roca 1888, Boogaldi 1900, Bridgewater 1890, Caperr 1869, Charlotte gefallen 1. August 1835, Chinautla 1901, Chupaderos 1852, Colfax 1880, Cuernavaca 1880, Glorietta Mountain 1884, Grand Rapids (Walker Township) 1883, Independence County (Joe Wright) 1884, Jamestown 1885, Jewell Hill 1854, Jonesboro 1891, Lagrange 1860, Laurens County (Zwilling) 1857, Lion River (siehe Mukerop), Lockport 1818, Madoc 1854, Mart 1898, Moonbi 1892, Mounionalusta 1906, Mount Edith 1913, Mount Hicks (Mantos blancos) 1876, Mukerop z. T. Wiederholungszwilling (Bethanien Zwilling, Lion River) 1899, N'Kandhla gefallen 1. August 1912, Obernkirchen (Bückeberg) 1863, Perryville 1906, Puquios 1885, Putnam County 1839, Quesa gefallen 1. August 1898, Ratteldraai?, Russel Gulch 1863, Saint Genevieve Co. 1888, Serrania de Varas 1875, Shirohagi 1890, Smith Mountain 1863, Thurlow 1888, Werchne Dnieprowsk 1876 zu Augustinowka 1890.

Anhang zu II. 1. *a*. γ. Künstliche feine Oktaedrit-Metabolite (*OfMe*).

Vertreten durch die Fälle von: Apoala 1890, Babbs Mill (Green County, Blak'sches Eisen) 1818, 1876 möglicherweise ein Kunstprodukt, Cacaria 1867, Canada de Hierro 1846, Goldbach's Eisen 1804, Greenbrier County 1880, Hammond 1884, Illinois Gulch (Ophir) 1899, Mukerop z. T. 1899 (Zwillingsblock), Prambanan 1784, Rodeo 1852, Russel Gulch 1863, Tucson 1850, Victoria West 1862, Wöhlers Eisen 1863.

II. 1. *a*. δ. **Sehr feine, an Plessit überreiche Oktaedrite** (*Off*). Ni = 11 bis 14%.

Intersertalstruktur bis porphyrische Struktur. Der Plessit nimmt den Charakter einer Grundmasse an. Lamellenbreite 0·2 *mm*.

Vertreten durch die Fälle von: Ballinoo 1893, Butler 1874, Carlton 1887, Cowra 1888, Mungindi 1897, Ranchito (Bacubirito) 1871, Salt River 1850, Tazewell 1853.

II. 1. *a*. ε. **Granooktaedrite** (*kOg, kOm, kOf, kOff*).

Aggregate kleiner bis sehr großer Oktaedritkomplexe.

Vertreten durch die Fälle von: Arispe 1898 (*kOg*), Kodaikanal 1898 (*kOf*), La Rjoja 1907 (*kOf*), N'Goureyma gefallen 15. Juni 1900 (*kOf*), Persimmon Creek 1893 (*kOf*), Puerta de Arauco 1904? (*kOf*?), Santa Rosa Marktplatz 1810 (*kOf*).

Anhang zu II. 1. *a*. ε. Künstliche Granooktaedrit-Metabolite (*kOMe*).

Vertreten durch den Fall von Rasgata 1810.

II. 1. *b*. **Tessera-Oktaedrite** (*TeO*). Oktaedrisches Kamacitnetz mit Kamacitlamellen nach (100).

Vertreten durch den Fall von Mukerop 1899 (Block Goamus).

II. 1. *c*. **Dodekaedrit** (*Do*).

Die Lamellen des Kamacitnetzes lagern nach (110).

Bisher vertreten durch den Fall: Carthago (Coney Fork) 1840. Ist ein künstlicher Metabolit (*DoMe*).

II. 2. **Plessit-Meteorite** (*Pl*). (Rinne's eutektoide Lacunite). Ni = 14 bis 18%. Nur aus Plessit bestehend, zum Teil mit letzten Spuren von Kamacitspindeln. Dichtes Ansehen, mikroskopische Struktur vorwiegend lamellar.

Vertreten durch die Fälle von: Capeisen 1793, Howard County 1862, Dehesa (Chile) 1866, Iquique 1871, Linville Mountain 1882, Shingle Springs 1869, Smithland 1840, Deep Springs Farm 1846, Morradal 1892, Weaver 1898.

Anhang zu II. 2. Künstliche Plessit-Metabolite (*PlMe*).

Vertreten durch die Fälle von: Babbs Mill (Troost-sches Eisen) 1842, Botetourt 1850, Capeisen z. T. 1793, Rafrüti 1886, Ternera 1891.

II. 3. **Taenit-Plessit-Meteorite** (*TäPl*). Rinne's Hypereutektoide Lacunite. Ni = 26%.

Ein Fall bekannt. Großkörniges Taenitaggregat mit wenigen an den Rändern lagernden lamellaren Plessitfeldern.

Vertreten durch San Cristobal 1896.

Neue Nickelbestimmungen werden gelegentlich Versetzungen einer Oktaedritart in die andere notwendig machen. Solche Verschiebungen werden zwischen mittleren und feinen Oktaedriten am ehesten zu erwarten sein. Geht ein Mißverhältnis zwischen Nickelgehalt und Lamellenstärke über eine gewisse Grenze hinaus, so ist die Lamellendicke entscheidend für die Bestimmung der Art, weil ja die Lamellendicke eine Funktion des Nickelgehaltes ist.

Eine Verwendung des Plessits zu Unterteilungen der Oktaedrite und die Gliederung der Plessitmeteorite ist Sonderuntersuchungen vorbehalten.